

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-255302

(43) 公開日 平成10年(1998) 9月25日

(51) Int.Cl.⁶

識別記号

F I

G 1 1 B 7/125

G 1 1 B 7/125

Z

審査請求 未請求 請求項の数9 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平9-55882

(22) 出願日 平成9年(1997) 3月11日

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 伊藤 顕知

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72) 発明者 新谷 俊通

埼玉県比企郡鳩山町赤沼2520番地 株式会

社日立製作所基礎研究所内

(74) 代理人 弁理士 小川 勝男

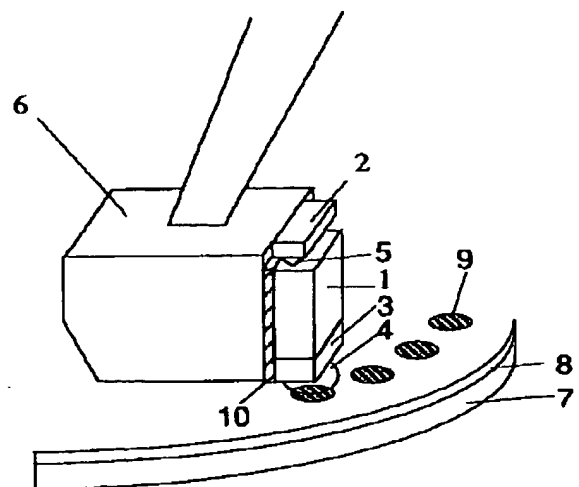
(54) 【発明の名称】 近接場光ヘッドおよびそれを用いた光記録再生装置

(57) 【要約】

【課題】熱伝導性が良く、生産性のよい近接場光プローブおよびそれを用いた光記録装置を提供する。

【解決手段】テーパ部が半導体で埋め込まれた近接場光発生用プローブ付き半導体レーザ1が放熱体10の上に実装され、これと検出器2が、浮上スライダ6上に搭載される。プローブにより発生させられた近接場光4により、情報を媒体8に記録する。情報再生時には、半導体レーザの電流値をしきい値でバイアスし、S/Nを向上する。

図 1



【特許請求の範囲】

【請求項1】半導体基板と、上記半導体基板上に形成された光導波路とを有し、上記光導波路の一端が一つの平面内ではテーパ状に加工され、テーパ部の先端に微小開口を有する近接場光発生用プローブが、放熱体上に実装されていることを特徴とする近接場光ヘッド。

【請求項2】請求項1において、上記テーパ部が半導体材料で覆われている近接場光ヘッド。

【請求項3】請求項1または2に記載の上記近接場光ヘッドと、レーザ光を発生する光源と、光情報記録媒体と、上記近接場光と光情報記録媒体との相互作用により発生した信号光を検出する検出器とからなる光記録再生装置。

【請求項4】請求項3において、レーザ光を発生する光源が、半導体レーザである光記録再生装置。

【請求項5】請求項4において、近接場光発生用プローブが、半導体レーザの一方の端面に形成されている近接場光ヘッドを有してなる光記録再生装置。

【請求項6】請求項4または5において、上記近接場光と光情報記録媒体との相互作用により発生した信号光を検出する検出器と、光情報記録媒体との間に、半導体レーザが設置されている光記録再生装置。

【請求項7】請求項6において、放熱体上に実装された上記半導体レーザと近接場光発生プローブ、および光検出器、放熱体上に実装された半導体レーザプローブ、光検出器が浮上スライド上に搭載されている光情報記録再生装置。

【請求項8】請求項6または7において、光情報記録媒体に照射する半導体レーザの注入電流をしきい電流値、もしくはその近傍に設定し、光照射された光情報記録媒体の記録情報の有無によって生じる半導体レーザの発振状態の変化を、上記光検出器によって検出する光情報再生装置。

【請求項9】請求項1または2に記載の光ヘッドと相変化型、または孔あけ型、または金属材料のドットを情報担体とする光情報記録媒体からなる光情報記録再生装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は近接場光ヘッドおよびそれを応用した光記録再生装置に関する。

【0002】

【従来の技術】光ディスク装置の高密度化を達成する方法として近年、近接場光を応用した光記録が注目されている。例えば、アプライド・フィジクス・レターズ、61巻、2号の142頁から144頁（Applied Physics Letters, Vol. 62, No. 2, pp. 142-144, 1992）に記載されているように、光ファイバの先端をコーン状に加工し、その先端の数10nmの領域以外を金属の被膜で覆ったプローブを作製し、これをピエゾ素子を

用いた精密アクチュエータに搭載して位置を制御して、直径60nmの記録マークをプラチナ/コバルトの多層膜上に記録再生した例が報告されている。この例の場合、記録密度は45ギガビット/平方インチに達し、現状の約50倍とすることができる。

【0003】更に最近、アプライド・フィジクス・レターズ、63巻、26号の3550頁から3552頁（Applied Physics Letters, Vol. 63, No. 26, pp. 3550-3552, 1993）には、光ファイバとしてネオジウムがドープされているものを用い、レーザ発振を利用してS/N比を向上した例が報告されている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかし、従来例には以下のような課題がある。

【0005】まず第一に、上記従来例が光ファイバの先端をコーン状に加工し、その先端の数10nmの領域以外を金属の被膜で覆ったプローブを用いていることである。従来、近接場光を光記録のみならず計測など様々な分野に応用する場合、このようなプローブが用いられてきた。しかし、このようなプローブには、いくつかの問題があることが、近年明らかになってきた。例えば、ウルトラマイクロスコーピー、61巻の179頁から185頁（Ultramicroscopy, Vol. 61, pp. 179-185, 1995）に記載されているように、このようなプローブを用いた場合、光ファイバに入力された光パワーのうちほとんどが、プローブ先端の長さ10μmの部分で被覆金属膜に吸収されて失われ、それが熱エネルギーに変換されて、発熱を生じる。この発熱は、プローブ先端部で集中的に起こり、かつプローブ自体が石英という熱伝導率の大きくない材料で形成されているため、熱の拡散が起こり難く、プローブ先端部分の温度のみが、きわめて高くなってしまう。このため、プローブを被覆している金属が溶融し、プローブが損傷するといった問題が生じる。また、金属が溶融するまでの温度上昇がない場合でも、先端部が加熱された結果、実効的に開口の大きさが増大したり、金属反射率が低下したりする現象が生じ、プローブの光透過率、分解能などの基本的な特性が変化してしまうという問題があった。

【0006】また第二に、上記ファイバプローブは、作製がきわめて難しいことがあげられる。従来、上記プローブは、光ファイバをフッ酸とヨウ化アンモニウムの緩衝エッチング液で尖鋭化するか、または光ファイバをヒートプルして尖鋭化したのち、先端部に金属を蒸着し、最後にエッチング等の方法で、金属被膜に微小開口を形成するという工程で作製されていた。しかし、たとえばエッチングやヒートプルによるプローブ尖鋭化工程では、僅かの作製条件の差で、先端角や先端形状が変化するため、再現性に問題があり、大量生産に適していないという問題があった。

【0007】第三に、ファイバプローブを用いているた

め、基板とプローブの距離をスキヤニング・フォース顕微鏡を用いて、極めて精密に制御する必要があるため、例えば光情報を記録したディスクを高速に回転した場合、ディスクの偏心によって生じる高い周波数の基板とプローブの距離の変動を制御しきれないという問題がある。

【0008】

【課題を解決するための手段】上記の各課題を解決するために本発明は以下の手段を採用した。

【0009】まず、光プローブを、従来の石英系のファイバの代わりに、半導体基板上に形成した光導波路の一端を、半導体リソグラフィ技術により一つの平面内ではテーパ状に加工し、テーパ部は、従来の金属被膜に変えて使用する波長の光に対し透明でない半導体材料で埋め込むことによって作製する。

【0010】また、作製した光プローブ全体を放熱体上に実装することにより、プローブで発生した熱を効率よく放散させる構造とした。

【0011】また、上記光プローブと、レーザ光を発生する光源と、光情報記録媒体と、上記近接場光と光情報記録媒体との相互作用により発生した信号光を検出する検出器とで、光記録再生装置を構成する。さらに、光記録再生装置で、レーザ光を発生する光源として、半導体レーザを用い、さらに近接場光発生用プローブを半導体レーザの一方の端面に形成することにより、構造の大幅な簡素化を達成する。

【0012】さらに、上記光情報記録再生装置で、光情報記録媒体に照射する半導体レーザの注入電流をしきい電流値、もしくはその近傍に設定し、光照射された光情報記録媒体の記録情報の有無によって生じる半導体レーザの発振状態の変化を、光検出器によって検出する。

【0013】上記光情報記録再生装置で、上記放熱体上に実装された半導体レーザと近接場光発生用光プローブ、および光検出器ないし、放熱体上に実装された半導体レーザプローブ、光検出器を浮上スライダ上に搭載する。

【0014】さらに上記光情報記録媒体として、相変化型または孔あけ型または金属材料のドットを情報担体としたものを用いる。

【0015】

【発明の実施の形態】図1は本発明の一実施例である。波長830nmの半導体レーザ1で発生させられた光は、レーザ後方に設置された光検出器2でその出力をモニタされる。光検出器側の端面は、10%の反射率になるようにコーティングされている。一方、半導体レーザの他方の端面は、テーパ状のプローブ3に加工されている。テーパ部は、波長830nmの光に対して透明でない半導体によって埋め込まれており、平坦化されている。このプローブより近接場光4を発生することができる。

【0016】発生された近接場光は、基板7上に形成された光記録媒体、たとえば相変化記録媒体8と相互作用し、光記録ドメイン9を形成する。また情報再生時には、半導体レーザの注入電流を略しきい値まで落とし、記録情報の再生を行う。この光記録により、媒体の反射率が変化しているので、記録媒体と近接場光の相互作用の大きさが変化し、その結果、レーザ共振器の反射率が変化する。この僅かな変化がレーザ共振器により大きく増幅され、共振器からのレーザ光5のパワーが大きく変調される。この信号光5は、光検出器2に導かれて検出される。

【0017】さらに、プローブ付きの半導体レーザ1は、放熱体10上に実装され、半導体レーザプローブを搭載した放熱体10と、光検出器2を、浮上スライダ6上に搭載して、光情報記録媒体とプローブの距離を一定距離に保つ。その分解能は、開口の大きさに決まるが、現状では約 $50 \times 100 \text{ nm}$ の開口のプローブの作製が可能であり、記録密度として100ギガビット/平方インチ相当が可能となる。

【0018】本実施例によれば大幅な光ヘッドの小型化が可能である。プローブとして光ファイバを用いていたため、装置がきわめて大規模であった。しかし本発明では、小型のプローブ付き半導体レーザ1、光検出器2が、浮上スライダ6上に搭載されており、その大きさは現状の磁気ディスクと変わらない、きわめて小さいものとするのが可能である。また、本実施例ではプローブ3全体が半導体材料で埋め込まれており、さらに半導体レーザプローブ1全体が、放熱体10の上に実装されているため、プローブからの熱放散が、従来の光ファイバをコーン状に加工し、かつ金属被膜を形成して作製したプローブにくらべ、きわめて容易に行えるという利点を有する。このため、熱によるプローブ部の損傷が起こりにくいという利点がある。

【0019】次に、本光情報記録再生装置の再生原理を説明する。本実施例では、共振器長 $L = 300 \mu\text{m}$ 、半導体レーザの吸収係数 α は20 (/cm)、光検出器側の半導体レーザの反射率は0.1である。一方、プローブ側も、光導波路がテーパ状になっており、かつ半導体で埋め込まれているため、プローブの近くに媒体がない場合でも、いくらかの反射率 R_b が存在する。通常この値は、0.01から0.1程度である。

【0020】図1のプローブで、 $50 \times 100 \text{ nm}$ の近接場光を発生させ、媒体とプローブ間の距離 $d = 50 \text{ nm}$ とした場合、記録マークの有無による実効的なプローブ側の反射率変動は0.001程度である。本発明では、情報再生時はレーザの動作電流をしきい値付近に設定する。例えば、 $R_b = 0.1$ の場合は、動作電流を40mAに設定する。

【0021】本実施例では、いずれも変調パワーは10 μW 以上であり、ショットノイズおよびジョンソンノイ

ズのみを考慮した場合の帯域は、 S/N を25dB以上要求しても、通常のホトダイオードを用いても100MHz以上可能である。また、半導体レーザのキャリアの緩和周波数は、nsオーダーであるから、その応答周波数は1GHz程度までは十分可能であり、高速応答可能なホトダイオードを用いれば、従来例では不可能であった1MHzから1GHzの高速再生、高速転送が可能となる。

【0022】一方、記録時では、光情報記録媒体として相変化媒体を想定した場合、記録速度100Mbpsの条件では、記録パワー40mWが必要である。本実施例では、波長780nm、対物レンズのNA0.55の現行装置の記録光スポット面積1.5平方 μm に対し、スポットサイズが0.002平方 μm と約1/1000であるから、記録パワーとして、約0.04mWが必要となる。このとき共振器内の光パワーとして1.3mW、したがって注入電流をしきい値電流より、数mA大きなところへ設定すればよい。また、記録に必要な500MHz以上の高速変調は、半導体レーザの強度の直接変調で実現できる。したがって、公知例のような音響光学素子を用いた変調器は不要となるだけでなく、将来の記録速度の向上にも1Gbps程度までは十分対応が可能となる。

【0023】以上は、光情報記録媒体として相変化型の材料を用いた例を示したが、本発明では光情報記録媒体として、相変化型の材料のほかに、例えば、ポリカーボネート円板にけられた孔の有無で情報を得るROM型の媒体、あるいはガラス、ないしシリコン基板上に、例えば原子間力顕微鏡等で形成された金などの金属ドットを情報担体とするROM型の媒体も、適用可能である。

【0024】図2は本発明の実施例で用いたプローブ付き半導体レーザの詳細図である。

【0025】21はn型のGaAs基板、22はn型AlGaAsクラッド層で、AlとGaの組成比は0.5:0.5である。23はAlGaAsの活性層で、AlとGaの組成比は0.14:0.86である。24はp型AlGaAsのクラッド層で、AlとGaの組成比は0.5:0.5である。25はp型GaAsのコンタクト層、26は適当な電流障壁層、例えば、n型GaAs層、27はp型GaAsのキャップ層である。

【0026】プローブ部の作製方法の概略は以下の通りである。テーパー構造は、活性層23、クラッド層24、コンタクト層25をパターンニングする際に、同時にエッチング、選択成長の方法で形成しておく。テーパー部を覆うn型GaAsの電流障壁層26は、注入電流の障壁層となるだけでなく、導波光の反射、吸収層ともなり、従来の近接場光プローブのように、金属の被膜を形成する必要がない。

【0027】微小開口は、適当な位置で劈開したのち、緩衝エッチング液、例えば、 $\text{H}_2\text{O}:\text{HF}:\text{H}_2\text{O}_2=$

5:1:1の比で調合されたエッチングでエッチングし、このとき、エッチング速度がAlの組成の小さい活性層部分の方が遅いので、周辺部からエッチングが進行することを利用して、活性層部分を露出させることにより作製する。

【0028】このように、本方法では、従来の半導体レーザ作製法で用いられている、大規模成膜、パターンニング、ドライエッチング技術が応用できるため、大量生産性に優れ、再現性高く、低コストで、プローブを作製できるという利点がある。

【0029】作製された半導体レーザプローブは、放熱体の上に実装される。放熱体としては、Si、SiC、ダイヤモンド、CuW、AlNなどを用い、放熱効率向上のため、コンタクト層25を放熱体上にマウントする、ジャンクションダウン法を用いる方が望ましい。

【0030】図3は本発明の第2の実施例である。波長830nmの半導体レーザ31は、そのプローブ側端面がARコーティングされ、光検出器側の端面は、10%の反射率になるようにコーティングされている。半導体レーザ31で発生させられた光は、レーザ後方に設置された光検出器2でその出力をモニタされる。半導体レーザ31から出射した光は、半導体プローブ33に結合される。

【0031】プローブ33の加工方法は、上記実施例1と同様である。半導体レーザ31と半導体プローブ33は、はんだバンプ32により放熱体10の上に実装されている。はんだバンプ32を用いることにより、半導体レーザ31からの出射光を半導体プローブ33に光導波路に効率よく結合するための位置合わせを行うことができる。半導体レーザへの注入電流は、放熱体上に形成された電源ラインを通じて供給される。プローブの開口と反対側の端面はARコーティングされている。

【0032】このプローブより近接場光4を発生させることができる。発生された近接場光は、基板7上に形成された相変化記録媒体8と相互作用し、光記録ドメイン9を形成する。また情報再生時には、半導体レーザの注入電流を略しきい値まで落とし、記録情報の再生を行う。この光記録により、媒体の反射率が変化しているため、記録媒体と近接場光の相互作用の大きさが変化し、その結果、レーザ共振器の反射率が変化する。この僅かな変化がレーザ共振器により大きく増幅され、共振器からのレーザ光5のパワーが大きく変調される。この信号光5は、光検出器2に導かれて検出される。

【0033】図4は本発明を計測装置に応用した第3の実施例である。実施例1と同様の波長830nmの半導体レーザプローブ1が、放熱体で形成された支持棒41の上に実装されている。支持棒は、圧電素子47に固定されている。半導体レーザプローブ1と被測定体43の距離の制御は、公知例アプライド・フィジクス・レターズ、61巻、2号の142頁から144頁で用いられて

10

20

30

40

50

7

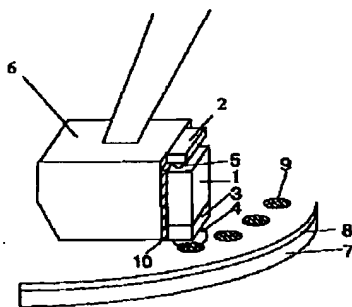
いるシアフォース制御法を応用する。すなわち、支持棒41を振動用の圧電素子42で振動させるとともに、プローブ1を被測定体43に接近させる。振動の様子は、モニタ用の半導体レーザー44から支持棒41に照射され、被測定体43で反射し、モニタ用の光検出器45で検出される光46でモニタする。プローブ1が被測定体43に接近すると、原子間力の影響を受け、振動の周波数が変化する。この変化を検出し、距離制御用の圧電素子47にフィードバックをかけることにより、プローブ1と被測定体43の距離を制御する。プローブ1で発生させられた近接場光4と被測定体43の相互作用の結果生じた信号光48は、被測定体43の裏面に設置した光検出器49で検出する。

【0034】

【発明の効果】本発明によれば、熱伝導性が良く、生産

【図1】

図1



8

性が高い、小型のプローブを構成でき、それを応用した信頼性が高く、安価な、超高密度光記録装置を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施例を示す斜視図。

【図2】本発明で用いる半導体レーザープローブを表す説明図。

【図3】本発明の第2の実施例を示す説明図。

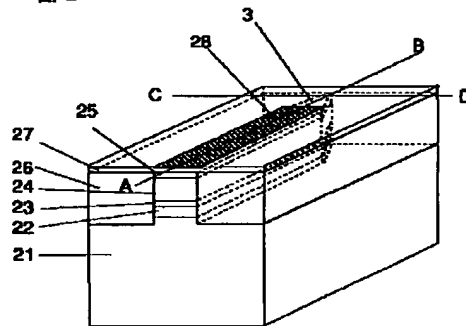
【図4】本発明を計測装置に応用した第3の実施例を示す説明図。

【符号の説明】

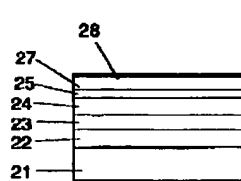
1…半導体レーザー、2…光検出器、3…プローブ部分、4…近接場光、5…レーザー光、6…浮上スライダ、7…基板、8…光情報記録膜、9…記録ドメイン、10…放熱体。

【図2】

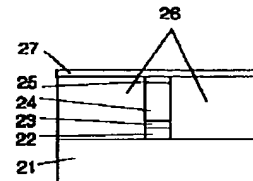
図2



(a) 斜視図

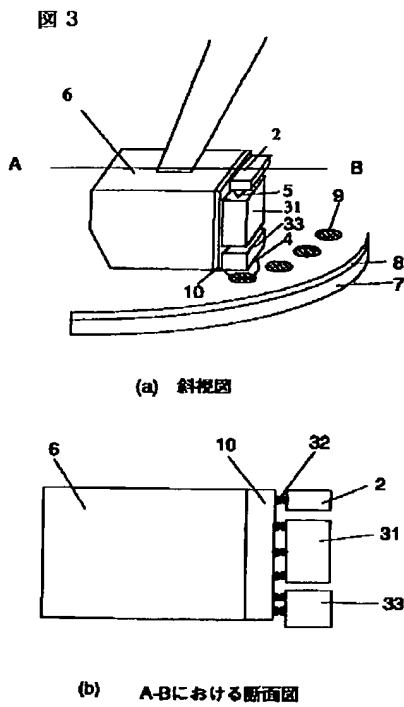


(b) A-Bにおける断面図



(c) C-Dにおける断面図

【図3】



【図4】

